

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-240192

(43)公開日 平成5年(1993)9月17日

(51)Int.Cl.⁵

F 0 4 D 29/42

29/66

識別記号

M 7314-3H

E 7314-3H

N 7314-3H

B 7314-3H

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数9(全 9 頁)

(21)出願番号

特願平4-42819

(22)出願日

平成4年(1992)2月28日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 伊藤 永一

千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号

株式会社日立製作所習志野工場内

(72)発明者 山崎 進

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72)発明者 藤生 正行

千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号

株式会社日立製作所習志野工場内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 渦流ポンプ

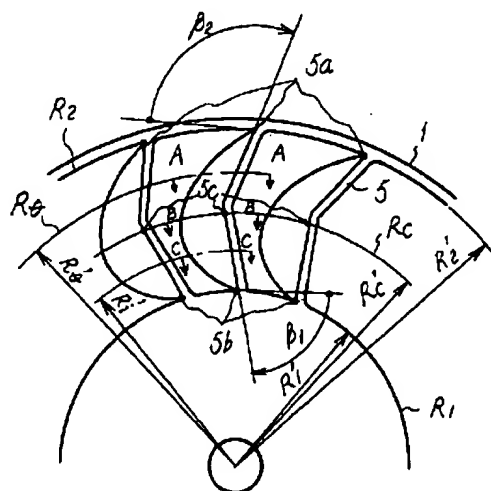
(57)【要約】

【目的】本発明は渦流ポンプに関し、特に空力性能を高めることができ、騒音の低い渦流ポンプを提供することにある。

【構成】羽根車1の内周側を、高速な相対流れに対応するように三次元形状にすること、および羽根車1の羽根5間断面積を、内周側で縮小することにより、入射する流体の剥離を防止することにより達成される。

【効果】高速の入射流れが剥離しないことで無駄なエネルギーが除かれることから音源から騒音を抑制できることで消音器の構成を簡易化でき、また発熱量が低減されることで冷却が容易になる効果もある。

(図 2)



【特許請求の範囲】

【請求項1】円弧状流路と該円弧状流路内に夫々連通する吸込口、吐出口と、これ等吐出口から吸込口へ至る間を、羽根の通過経路に対して微少空隙を介して仕切る隔壁と、回転軸に固定してあるハブと、前記円弧状流路に沿い、前記ハブと一体に回転する多数の前記羽根とを有するものに於いて、前記羽根の内側端を結ぶ円を R_1 、外側端を結ぶ円を R_2 、且つ前記内側端と外側端との中央を結ぶ円を R_c とすると、前記羽根の後縁の、 R_c の円周上での位置は、前記内側端よりも、前記羽根の回転方向に見たときに遅れており、且つ前記羽根の後縁の前記内側端と R_c の円周との中央 R_i での軸方向入口角を γ_i 、 R_c の円周上での軸方向入口角を γ_c とすると、 γ_i と、 γ_c とは、共に90度よりも小さく、且つ γ_i と γ_c とは異なる値を有していることを特徴とする渦流ポンプ。

【請求項2】前記 γ_c は γ_i に比べて小さい値を有していることを特徴とする請求項1記載の渦流ポンプ。

【請求項3】前記羽根は前記円 R_i の円周上から前記円 R_c の円周上へ近づくに連れて前記軸方向入口角が次第に小さくなっていることを特徴とする請求項2記載の渦流ポンプ。

【請求項4】円弧状流路と、該円弧状流路内に夫々連通する吸込口、吐出口と、これ等吐出口から吸込口へ至る間を、羽根の通過経路に対して微少空隙を介して仕切る隔壁と、回転軸に固定してあるハブと、前記円弧状流路に沿い、前記ハブと一体になって回転する多数の前記羽根とを有するものに於いて、前記羽根の内側端を結ぶ円を R_1 、外側端を結ぶ円を R_2 、前記内側端と外側端との中央を結ぶ円を R_c 、且つ前記 R_1 の円周と R_c の円周との中央を結ぶ円を R_i とすると、 R_c と隣り合う2枚の羽根の背中側先端との交点を求め、交点を通る直線を回転軸としてもつ平面において、羽根間における面積について、 R_1 と羽根背中側ハブ面との交点を通る断面 A_1 の面積と、 R_i と羽根背中側ハブ面との交点を通る断面 A_i の面積、及び同一回転軸を持ち A_1 と A_i の中間に位置する断面 A_r の面積が、 A_1 の面積と A_i の面積の間を直線補間したものに対して、少なくとも一部が小さくなっていることを特徴とする渦流ポンプ。

【請求項5】前記断面 A_r の少なくとも一部の面積が A_1 より小さくなっていることを特徴とする請求項4記載の渦流ポンプ。

【請求項6】前記断面 A_r を構成する羽根の背中側形状が、 R_1 と R_i の同心円筒面で断面して、羽根先端から根元にかけて全域で軸方向角度は90度以下にしてなる請求項第4項記載の渦流ポンプ。

【請求項7】羽根の腹側の少なくとも羽根先端付近において、軸方向角度が90度以下にしてなる請求項第4項記載の渦流ポンプ。

【請求項8】円弧状流路と、該円弧状流路内に夫々連通

する吸込口、吐出口と、これ等吐出口から吸込口へ至る間を、羽根の通過経路に対して微少空隙を介して仕切る隔壁と、回転軸に固定してあるハブと、前記円弧状流路に沿い、前記ハブと一体に回転する多数の前記羽根とを有するものに於いて、前記羽根の内側端を結ぶ円を R_1 、外側端を結ぶ円を R_2 、前記内側端と外側端との中央を結ぶ円を R_c 、且つ前記 R_1 の円周と R_c の円周との中央を結ぶ円を R_i とすると、 R_1/R_2 の値が0.68よりも小さい値で圧力係数が1.4以上で、前記羽根の後縁径方向入口角 β_1 は90度よりも小さい値で、前記羽根 R_i の円周上後縁での軸方向入口角 γ_1 と前記 R_c の円周上での軸方向入口角を90度よりも小さい値で、且つ γ_i と γ_c とは異なる値を有していることを特徴とする渦流ポンプ。

【請求項9】円弧状流路と、該円弧状流路内に夫々連通する吸込口、吐出口と、これ等吐出口から吸込口へ至る間を、羽根の通過経路に対して微少空隙を介して仕切る隔壁と、回転軸に固定してあるハブと、前記円弧状流路に沿い、前記ハブと一体になって回転する多数の前記羽根とを有するものに於いて、前記羽根の内側端を結ぶ円を R_1 、外側端を結ぶ円を R_2 、前記内側端と外側端との中央を結ぶ円を R_c 、 R_1 と R_c の中央を結ぶ円を R_i とすると、 R_1/R_2 の値が0.68よりも小さい値で、圧力係数が1.4以上で、前記羽根の後縁の R_c の円周上での位置は、前記内側端よりも、前記羽根の回転方向に見たときに遅れており、且つ前記羽根の前縁からハブ側に進むに連れて遅れており、しかもその遅れ程度は、前記羽根の内側端から外側端へ向かうに連れて異なっていることを特徴とするポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、渦流式気体ポンプ、例えば渦流ブロワ、あるいは渦流式液体ポンプ、例えばウエスコポンプに利用して好適な渦流ポンプに関する。

【0002】

【従来の技術】渦流ポンプは小型で高い静圧力が得られる特徴がある。この特徴を更に高めるために、従来種々の提案や検討がなされている。

【0003】例えば、日本機械学会論文集第45巻396号(昭和54.8)1107頁～1106頁には、羽根の内側端を結ぶ円の半径を R_1 、外側端を結ぶ円の半径を R_2 とすると、 R_1/R_2 の値を変えることにより、渦流ブロワの特性(吐出流量対吐出圧力特性)が変わることが記載してある。

【0004】これによれば、その値0.68のものが0.82のものより流量係数、圧力係数共に高く、0.75のものが更に高いことが示されている。

【0005】しかし、これを流量と圧力に直して述べると、 R_2 の値が一定であれば、 R_1/R_2 の値が大きくなれば、圧力は高く、流量は小さくなり、逆に R_1/R_2

2の値を小さくすると流量は大きく、圧力は低くなることになる。

【0006】渦流ブロワを小型にするためには、R2の値を小さくすれば良いが、その値を単に小さくすると、圧力が低下し、流量が少なくなってしまう。

【0007】一方羽根の形状に工夫を凝らし、渦流ブロワの空力性能を改善することも提案されている。特開昭49-105220号公報、特開昭49-120209号公報に示すものは、羽根の軸方向入口角、出口角を90度より小さく、或いは大きくして空力性能を改善するものである。また、実開昭52-170309号公報には、径方向入口角度を90度より小さいものが開示してある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】渦流ポンプでは、高静圧な流体を提供出来るという利点のため、近年用途が拡がり、それに伴って、更に高静圧なもの、或いは圧力は従来程度で良いが、更に小型化することなどが強く望まれている。

【0009】しかし、上記従来の技術を含め、これ迄の技術では、所定の圧力を保って、更に小型化すること、あるいは寸法を大きくすることなく、大幅に圧力を高めること等は、困難であった。

【0010】また、従来の渦流ポンプは騒音が大きいと言う問題があり、このことが、医療機器などのように静かな環境で使用するものへの適用を阻止する原因に成っていた。

【0011】本発明はこの様な点に鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、空力性能を従来のものに比べて遥かに高めることができる渦流ポンプを提供することにある。

【0012】本発明の他の目的は、騒音の低い渦流ポンプを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明においては、第1に少なくとも羽根車の内周側を、高速な相対流れに対応できるように、羽根背中側、すなわち回転方向に対し裏側の形状を適切な三次元形状にすることにある。

【0014】つまり、羽根の内側端を結び、軸に平行な円筒面をR1、外側端を結ぶ円をR2、内側端と外側端との中央を結ぶ円をRc、R1とRcとの中央を結ぶ円をRiとすると、羽根の前縁のRcの円周上での位置は、内側端よりも、羽根の回転方向に見たときに遅れており、且つ、羽根後縁のRiの円周上での軸方向入口角を γ_i 、Rcの円周上での軸方向入口角を γ_c とすると、 γ_i と γ_c とは共に90度よりも小さく、且つ γ_i と γ_c とは異なる値に構成することを特徴とするものである。

【0015】本発明では第2に羽根車の羽根間断面面積

を、R1からRiにかけて縮小することにより、50m/秒以上の高速で羽根間に入射する流体の剥離を防止する。つまり、Rcと隣り合う2枚の羽根の交点を求め、交点を通る直線を回転軸としてもつ平面について、羽根間における面積について、R1と羽根背中側ハブ面との交点を通る断面A1の面積と、Riと羽根背中側ハブ面との交点を通る断面Aiの面積、及び同一回転軸を持ちA1とAiの間に位置する断面Arの面積が、A1の面積とAiの面積の間を直線補間したのに対し、少なくとも一部の断面面積が縮小されていることを特徴とする。

【0016】

【作用】円弧状流路の中を外部から観察可能なように透明材でケーシングを作成し、円弧状流路の中を流れる流体の流れを観察した結果、次のことが分かった。

【0017】即ち、図25、図26、図27、図28に示すように、羽根5の外側端を5a、内側端5b、そしてその中央を5cとするとき、吸込口6aから円弧状流路8内に入った空気は、羽根5の速度に対する空気の、円弧状流路8に沿う速度分布が、図25ないし図29の特に図28に示すように、外側端5aから中央5c付近までは正の値を示すが、中央5c付近から内側端5a迄は負の値を示すことである。

【0018】円弧状流路8を横切る方に流れる速度分布は、図29に示すように、外側端5aから中央5c付近迄は正の値を示し、中央5c付近から内側端5b迄は負の値を示すことは、既に知られていたことである。

【0019】その結果、全体としては、図27に矢印70で示すように、内側端5b近くでは回転方向Fに対して若干戻ることが分かった。従来は矢印80で示すように空気の流れは螺旋を描きながら、次第に回転方向Fへ向かって単純に進むと考えられていた。

【0020】それ故、本発明では空気の円弧状流路に沿う速度と、円弧状流路8を横切る方に流れる速度成分の合成ベクトルに合うように羽根5の径方向入口角、更に軸方向入口角を定め、三次元形状に羽根形状を定めたので、空力性能が従来のものに比べて遥かに向上するものである。

【0021】更に、本発明の上記羽根間断面面積縮小手段を設けることにより、高速に入射する流れは、内周側から羽根間に取り込まれたとき縮流し剥離しないので、音源の発生を抑制でき、騒音のレベルが低いものとなる。

【0022】

【実施例】以下、図を参照しながら本発明の実施例について説明する。図5に於いて1は羽根車、2は円弧状流路8を形成するケーシングである。円弧状流路8は回転軸3の軸線と平行を成す方向に開口する溝状を成している。円弧状流路8は、原動機4の回転軸3を中心とする円弧状に構成してある。この円弧状流路8の一端は吸込口6aに連通しており、他端は吐出口6bに連通してい

5

る。この吐出口6 bから吸込口6 aに至る間は羽根車1と微小空隙を介して対抗する隔壁10で仕切られている。吸込口6 aに連なる吸込側通路6 a'と吐出口6 bに連なる吐出口側通路6 b'とは、ベース部材を兼ねた消音器7内に平行を成すように設けてある。原動機4はベース部材を兼ねた消音器7上に固定して有り、ケーシング2は原動機4に固定してある。

【0023】羽根車1は図1ないし図3に示すようにハブ9と多数の羽根5とで構成してあり、ハブ9は原動機4の回転軸3に固定してある。このうちハブ9は回転軸3を中心とし、円弧状流路8に対抗して軸方向に開口する環状の溝11を有しており、羽根5はこの溝11を横切る方向に多数設けてある。

【0024】ここで、羽根車1の各部の用語、及び記号について纏めて説明する。

R1' : 羽根5の内側端を結ぶ円の半径。

R2' : 羽根5の外側端を結ぶ円の半径。

Rc' : R1' + R2' の2分の1を半径とする円の半径。

Ro' : Rc' + R2' の2分の1を半径とする円の半径。

Ri' : R1' + Rc' の2分の1を半径とする円の半径。

R1 : 回転軸3の軸心を中心とする半径R1' の円。

R2 : 回転軸3の軸心を中心とする半径R2' の円。

Rc : 回転軸3の軸心を中心とする半径Rc' の円。

Ro : 回転軸3の軸心を中心とする半径Ro' の円。

Ri : 回転軸3の軸心を中心とする半径Ri' の円。

$\beta 1$: 径方向入口角であり、羽根5の後縁(軸方向先端)に於けるR1の円周上の位置とRcの円周上の位置とを結ぶ直線と、円R1の接線との成す角との補角。

$\beta 2$: 径方向出口角であり、羽根5の後縁(軸方向先端)に於けるR2の円周上の位置とRcの円周上の位置とを結ぶ直線と、円R2の接線との成す角との補角。

$\gamma 1$: 円R1の円周上に於ける軸方向入口角であり、羽根5の後縁を結ぶ平面に対して羽根後縁近傍の成す角。

γi : 円Riの円周上に於ける軸方向入口角であり、羽根5の後縁を結ぶ平面に対して羽根後縁近傍の成す角。

γc : 円Rcの円周上に於ける軸方向入口角であり、羽根5の後縁を結ぶ平面に対して羽根後縁近傍の成す角。

γo : 円Roの円周上に於ける軸方向出口角であり、羽根5の後縁を結ぶ平面に対して羽根後縁近傍の成す角。

$\gamma 2$: 円R2の円周上に於ける軸方向出口角であり、羽根5の後縁を結ぶ平面に対して羽根後縁近傍の成す角。

である。

6

【0025】さて、図1に示す羽根車は図3、図4に示すように、 γc は γo や γi に比べて小さく構成してある。

【0026】また、径方向入口角 β は90度よりも小さく構成してある。

【0027】さて、吸込口6 aから円弧状流路8内に入った空気は、羽根5の速度に対する空気の、円弧状流路8に沿う速度分布が、前に述べたように、図25~29の特に図28に示すように、外側端5 aから中央5 cまでは正の値を示し、中央5 c付近から内側端5 b迄は負の値を示す。

【0028】また、円弧状流路8を横切る方に流れる速度分布は、図29に示すように、外側端5 aから中央5 c付近までは正の値を示し、中央5 c付近から内側端5 a迄は負の値を示すことも既に述べた。

【0029】ここでの羽根車の速度三角形を示すと、図6に示すようになる。ここで、 W_o 、 W_{c1} 、 W_{c2} 、 W_i は、夫々 R_o 、 R_c 、 R_c 、 R_i の円周近傍に於ける羽根5に対する空気の相対速度、 U_o 、 U_{c1} 、 U_{c2} 、 U_i は、夫々 R_o 、 R_c 、 R_c 、 R_i の円周近傍に於ける羽根5の周速、 C_o 、 C_{c1} 、 C_{c2} 、 C_i は、夫々 R_o 、 R_c 、 R_c 、 R_i の円周近傍に於ける空気の絶対速度である。ここで、 R_c の円周近傍に2つの速度三角形を描いた理由は、図28にも示したように、その円周より僅かに外側で、空気の流れ方向が逆転するからであり、両方向の流れを図示してある。

【0030】本実施例では、 γo 、 γc の大きさは、 U_o と W_o との成す角、 U_{c1} と W_{c1} との成す角と合わせてある。従って、本実施例では空気の相対速度、即ち空気の円弧状流路8に沿う速度と、円弧状流路8を横切る方に流れる速度成分の合成ベクトルに合うように羽根5の径方向入り角、更に軸方向入口角を定め、三次元形状に羽根形状を定めたので空力性能が従来のものに比べて遥かに向上する。

【0031】図7は、 $\beta 1$ の値を90度にし、且つ γ の値を22~50度にしたときの従来例との無次元性能比較を示す。

【0032】従来例の諸量は $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 γc 及び、 γo がすべて90度である。また、本発明の実施例の性能を得たときの γc は、 γi よりも13度小さい値とした。 $\beta 2$ の値は90度に、また $R1/R2$ の値は0.58に固定した。図8は径方向入口角 $\beta 1$ を20度と90度を選択したときの、流量係数対圧力係数の関係を示している。この図から径方向入口角 $\beta 1$ を20度としたときのほうが、90度にしたときに比べて流量係数、圧力係数共に大きいことが分かる。図9~12は本発明の異なる実施例である。この実施例では軸方向入口角 γi が90度よりも小さい値を有し、ハブに接する根元までこの状態が続いており、図10中の傾き角 α に対応して各部断面積は第11図のように変化する。この実施例によ

れば図6に示すように内周側から入射した相対速度 w_i は、例えば R_i が65mmの場合50m/秒以上と大きいながらも、 A_i が A_1 や A_c よりも小さく、軸方向はね先端よりもハブ側の幅が小さいことで縮流を生じ剥離しない。よってブロッキングが生じないため流入がスムーズになり空力性能の向上と騒音低減の効果がある。図13~16は、対応する従来例であり、図15に示すように A_1 ~ A_2 まで連続して断面積が増加するため剥離が生じ流れの円滑さが阻害されてしまう。

【0033】また図17~19は、他の実施例であり、縮流による剥離防止のため、性能の向上が図られ圧力係数16以上を得ている。

【0034】図20~21は、本発明のさらに他の実施例である。この実施例ではハブ9によっては覆われていない。また羽根5はハブの両面に夫々設けてある。これにおいても羽根5の内側端を5bと考え、外側端を5aと考え、更にその中間を5cと考えると、図17~19に示したものと同様に考えれば良い。これに於いても β_1 は90度よりも小さく構成してあり、 β_2 は90度よりも大きく構成してある。この実施例では γ_i は90度より小さい値である。

【0035】図22はさらに他の実施例である。この実施例では、腹側の羽根先端近傍を広くしハブ側を狭い状態にすることで縮流による性能の改善と騒音レベルの低減が得られる。

【0036】図23、図24は更に他の実施例であり、図22に示す実施例の羽根5の外周側がハブ9によって覆われていないものであるが、同様に性能の改善と騒音レベルの低減が得られる。

【0037】

【発明の効果】本発明によれば以上説明したように、円弧状流路内を流れる空気の流れが円弧状流路に沿う速度と、円弧状流路を横切る方向に流れる速度成分の合成ベクトルに合うように羽根の径方向入口角、更に軸方向入口角を定め、三次元形状に羽根形状を定めたので空力性能が向上する効果がある。また、入射した相対流れが大きいながらも、羽根間流路で縮小し剥離によるブロッキングが生じないため流入がスムーズになり空力性能の向上と騒音低減の効果がある。さらに、流れが剥離しないことで無駄なエネルギーが除かれることから音源から騒音を抑制できることで消音器の構成を簡易化でき、また発熱量が低減されることで冷却が容易になる効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す特に羽根車の斜視図である。

【図2】図1に示した羽根車の一部を拡大して示す平面図である。

【図3】図2をA-A線、B-B線、及びC-C線に沿って切断して示す断面図である。

【図4】図1に示した羽根車の各部の軸方向入口角、出口角の推移を示す特性図である。

【図5】本発明の一実施例を示す渦流プロワの斜視図である。

【図6】図1に示した羽根車による速度ベクトルを示す図である。

【図7】図1に示した実施例の実験データを従来のものと比較して示す特性図である。

【図8】図1に示した実施例の実験データのうち径方向流入角 β_1 を変えて示す特性図である。

【図9】本発明の異なる実施例を部分拡大して示す平面図である。

【図10】図9の断面図である。

【図11】図10の傾き角 α に対応する断面の面積変化を示す図である。

【図12】図10の各断面図である。

【図13】従来例を図9の実施例に対応させて示す部分拡大図である。

【図14】図13の断面図である。

【図15】図14の傾き角 α に対応する断面の面積変化を示す図である。

【図16】図13の各断面を示す図である。

【図17】本発明の更に異なる実施例を示す羽根車の斜視図である。

【図18】図17に示した羽根車の正面図である。

【図19】図18に示した羽根車の図3に対応する断面図である。

【図20】本発明の羽根の更に異なる実施例を示す羽根車の斜視図である。

【図21】図20に示した羽根車の図3に対応する図である。

【図22】本発明の更に異なる実施例の図3に対応する図である。

【図23】本発明の更に異なる実施例を示す図である。

【図24】図23の図3に対応する断面図である。

【図25】円弧状流路を横切る方に流れる空気の状態を示す図である。

【図26】円弧状流路に沿って流れる空気の状態を示す図である。

【図27】円弧状流路の中の空気の流れを説明するための図である。

【図28】円弧状流路に沿って流れる空気の流れを示す図である。

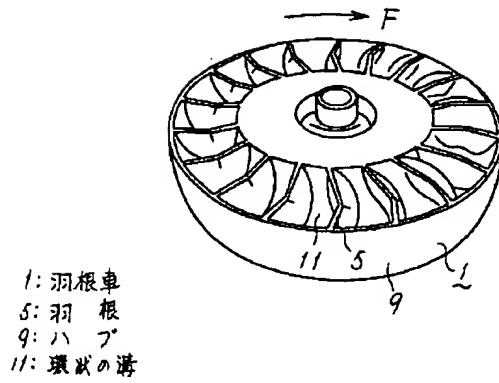
【図29】円弧状流路を横切る方向に流れる空気の流れを示す図である。

【符号の説明】

1…羽根車、2…ケーシング、3…回転軸、5…羽根、5a…羽根外側端、8…円弧状流路、9…ハブである。

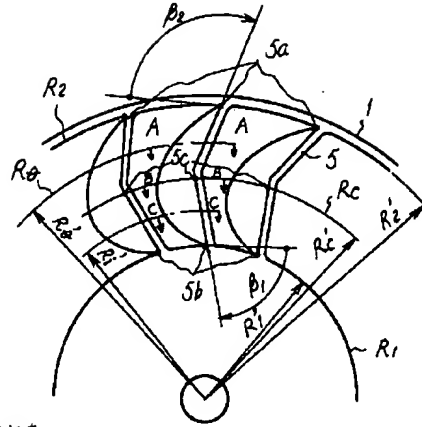
【図1】

(図1)



【図2】

(図2)



1: 羽根車
5: 羽根

中副点半径
外周側断面半径
内周側断面半径

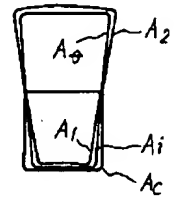
$$R_c' = (R_1' + R_2')/2$$

$$R_0' = (R_2 + R_c')/2$$

$$R_i' = (R_c' + R_1')/2$$

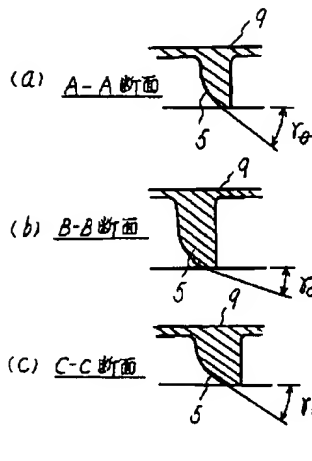
【図16】

(図16)



【図3】

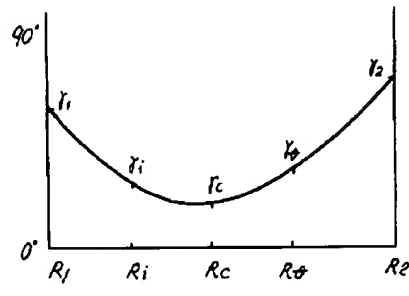
(図3)



軸方向羽根角度 γ

【図4】

(図4)

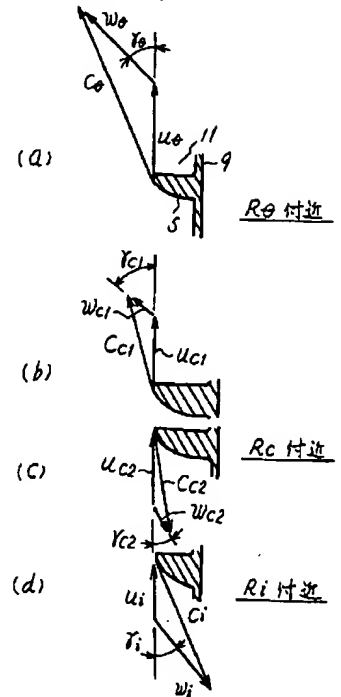


$$r_c < r_0$$

$$r_c < r_i$$

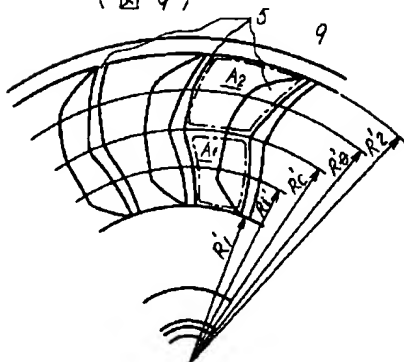
【図6】

(図6)



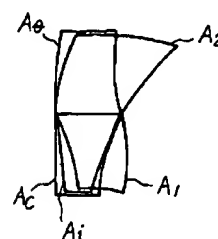
【図9】

(図9)



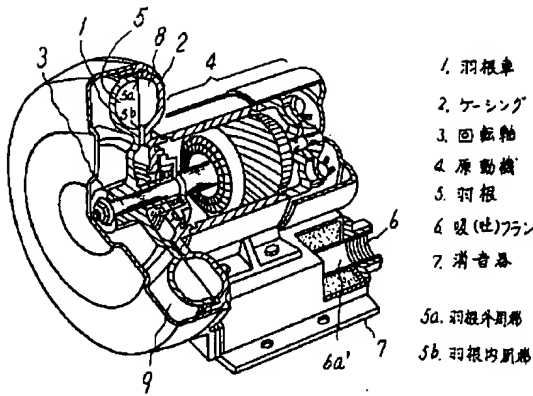
【図12】

(図12)



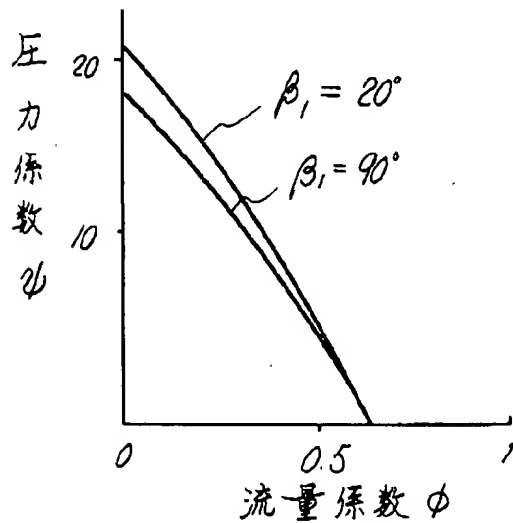
【図5】

(図5)



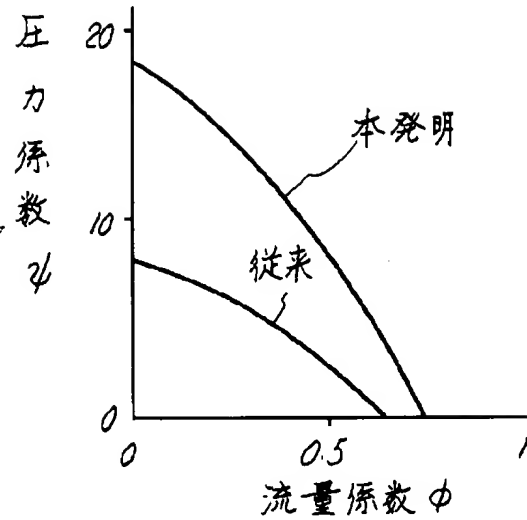
【図8】

(図8)

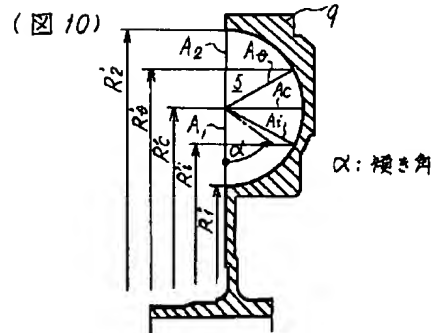


【図7】

(図7)

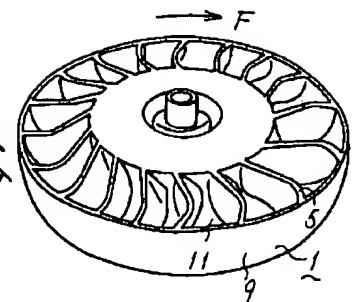


【図10】



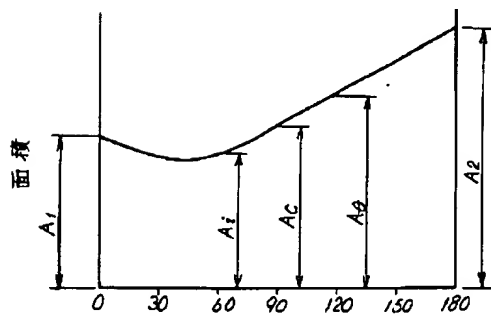
【図17】

(図17)



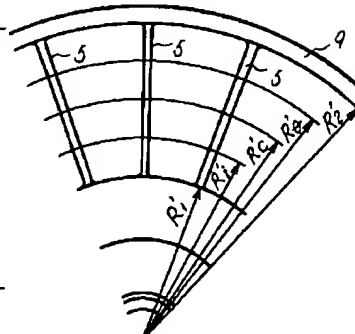
【図11】

(図11)

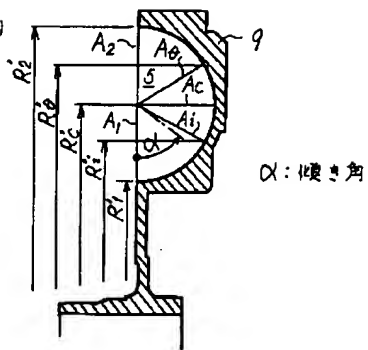


【図13】

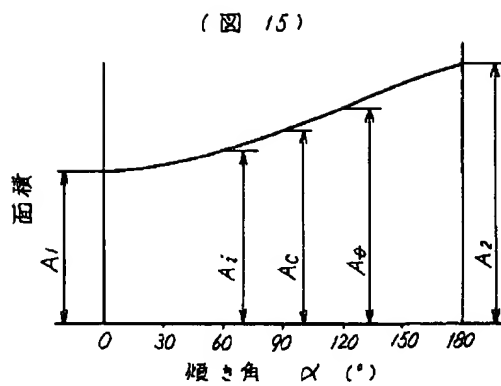
(図13)



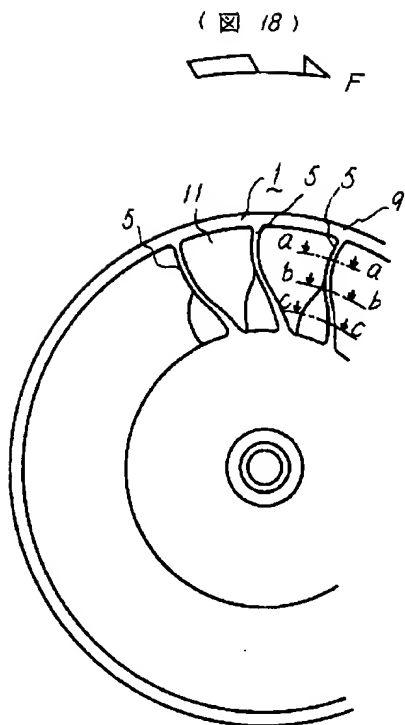
【図14】



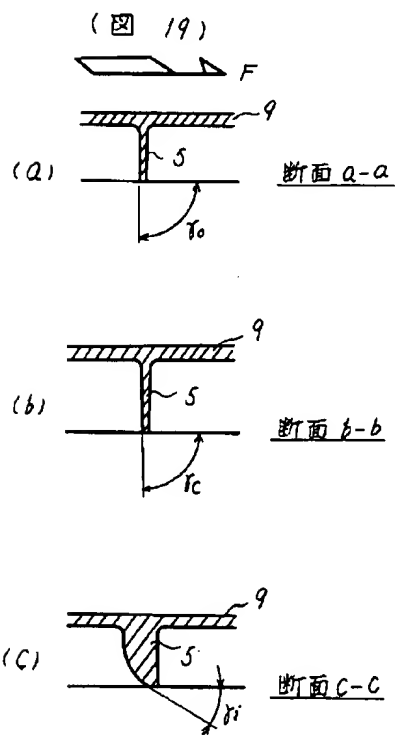
【図15】



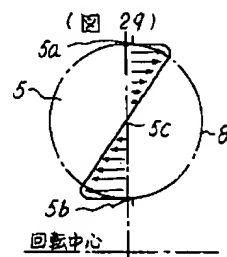
【图18】



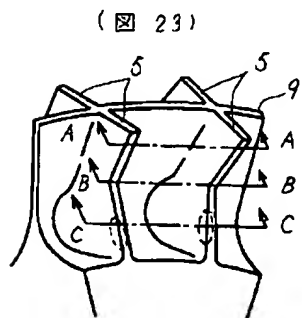
【図19】



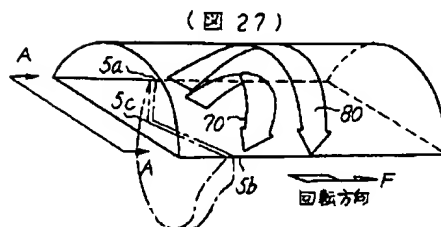
【图29】



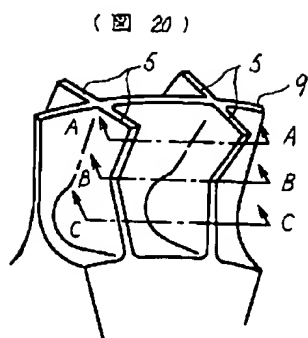
【例23】



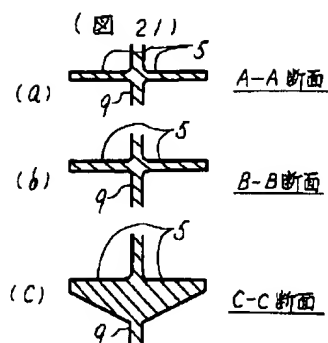
【图27】



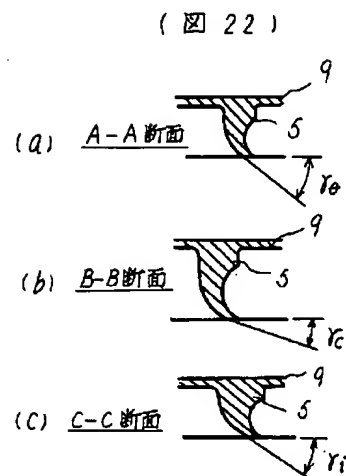
【図20】



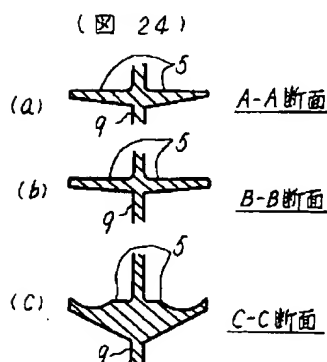
【図21】



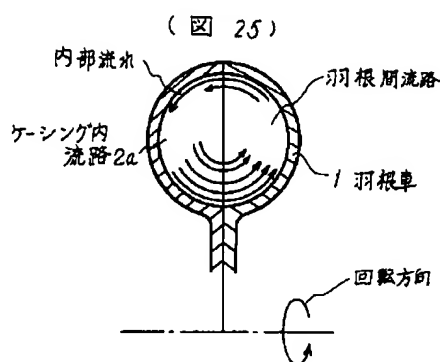
【図22】



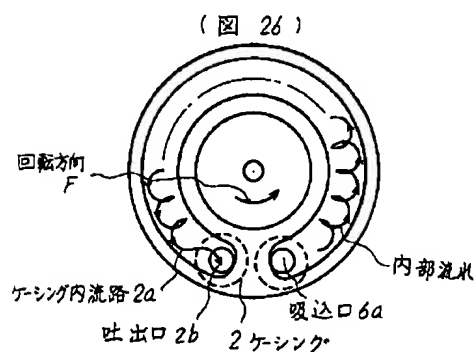
【図24】



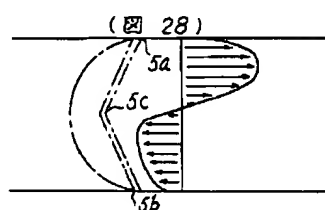
【図25】



【図26】



【図28】



フロントページの続き

(72)発明者 吉富 利治
千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号
株式会社日立製作所習志野工場内
(72)発明者 小林 和男
千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号
株式会社日立製作所習志野工場内

(72)発明者 石川 静
千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号
株式会社日立製作所習志野工場内
(72)発明者 野田 嘉明
千葉県習志野市東習志野7丁目1番1号
株式会社日立製作所習志野工場内